



**SOLUCIONES TERMICAS Y MECANICAS PARA UN ALTO ESTANDAR**

**Tratando el Aire Desde 2010**

**Tratamiento de aire de cabina – Respirar Seguro**

## SISTEMA DUAL DE FILTRADO EXTREMO Y PRESURIZACIÓN DE CABINAS



Concentrado de Plomo.

[www.sealsoluciones.cl](http://www.sealsoluciones.cl)



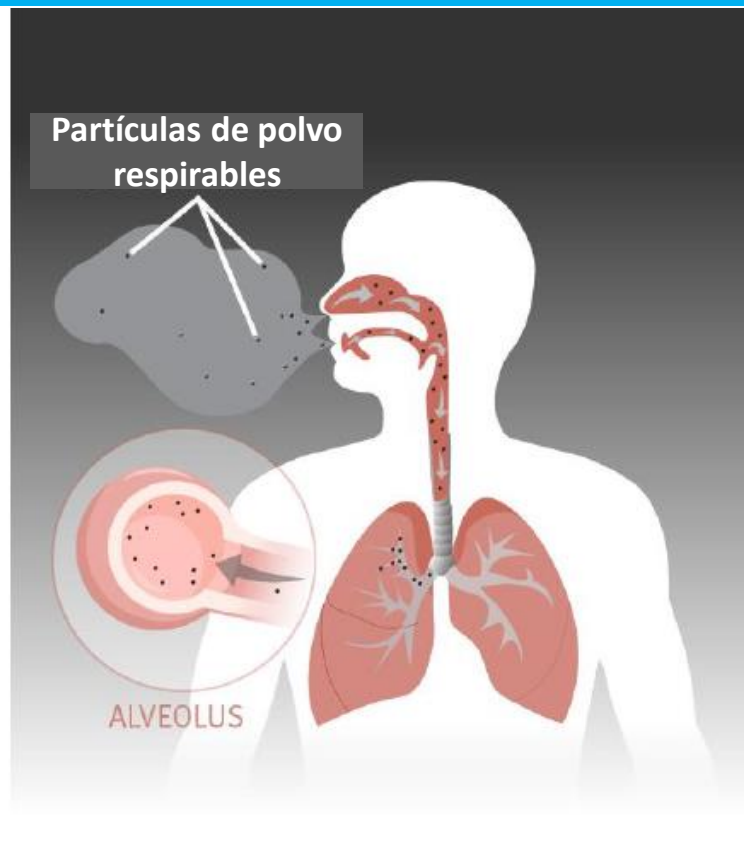


- Seguridad y la Salud Ocupacional (SSO)
- Filtración de aire de cabina HEPA
- Auditoría

**Partículas en  
suspensión peligrosas!**

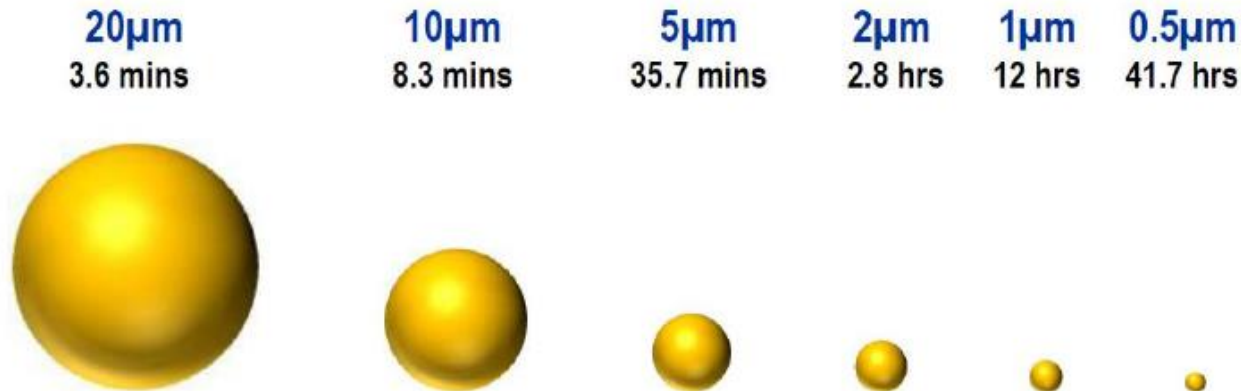


La exposición durante un período prolongado (años) a altas concentraciones de polvo respirable conducirá al desarrollo de una variedad de enfermedades pulmonares irreversibles y graves.



Comprender el comportamiento de las partículas y cuánto tiempo pueden permanecer las partículas en el aire.

El tamaño de las partículas marca una gran diferencia con las tasas de sedimentación típicas para polvo indicativo de mina de diferentes tamaños desde una altura de 1,5 metros en aire en calma.



El peligro aerotransportado seguirá presente mucho después de que se haya detenido el trabajo....

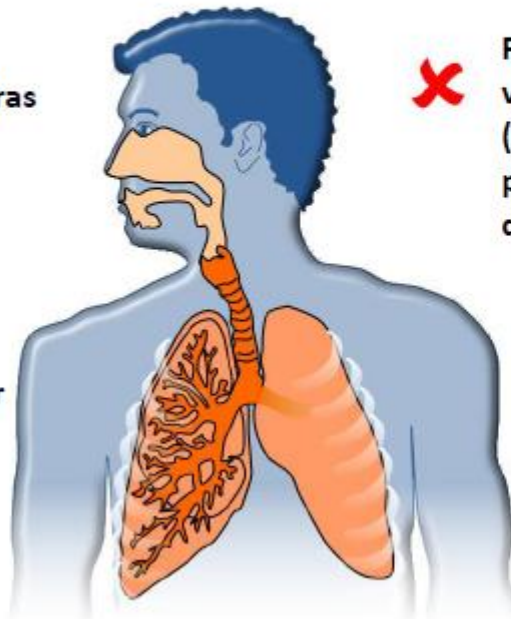
## Introducción

Limitaciones de las defensas del sistema respiratorio ...

Nuestros mecanismos de defensa tienen problemas con lo siguiente:

**X** Grandes cantidades  
(Puede inundar nuestras defensas)

**X** Partículas sensibilizantes  
(Puede desencadenar reacciones alérgicas, por ejemplo, asma.)

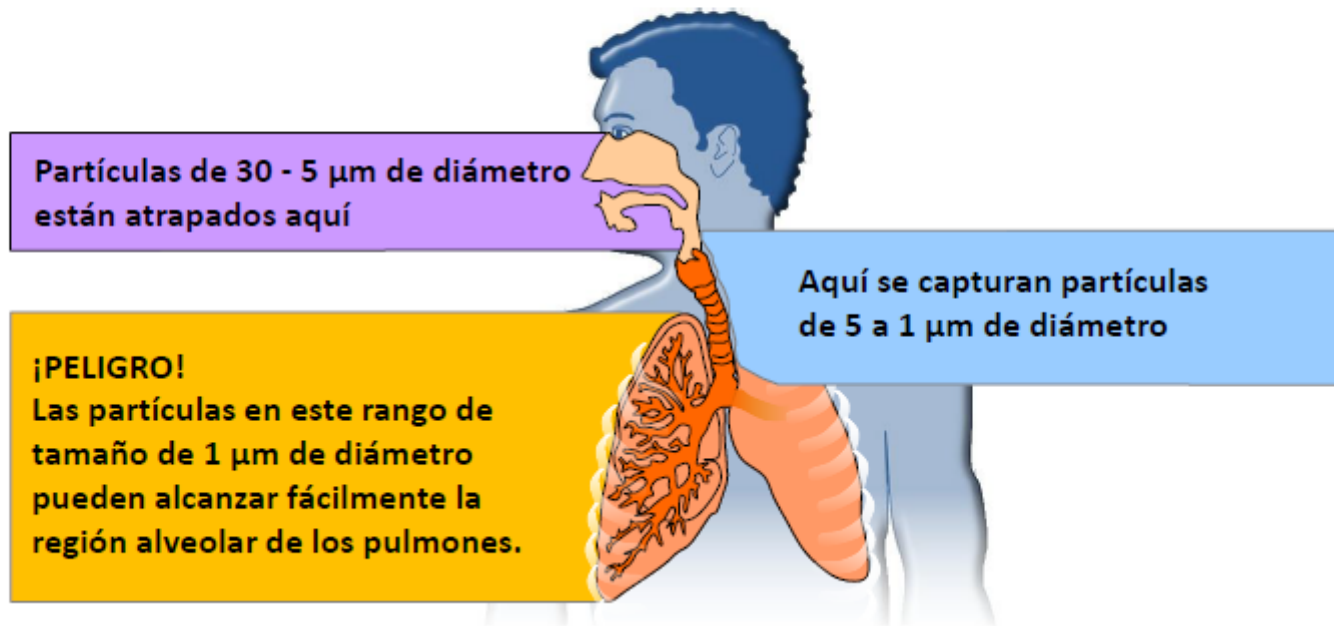


**X** Partículas tóxicas, venenosas o infecciosas  
(Puede dañar nuestros pulmones y otras partes del cuerpo)

**X** Partículas muy pequeñas  
(Puede eludir la mayoría de nuestras defensas para llegar a los pulmones)

## Introducción

¿Dónde se depositan las **partículas** de polvo en el sistema respiratorio?



## ¿Qué es la EPOC (COPD)?

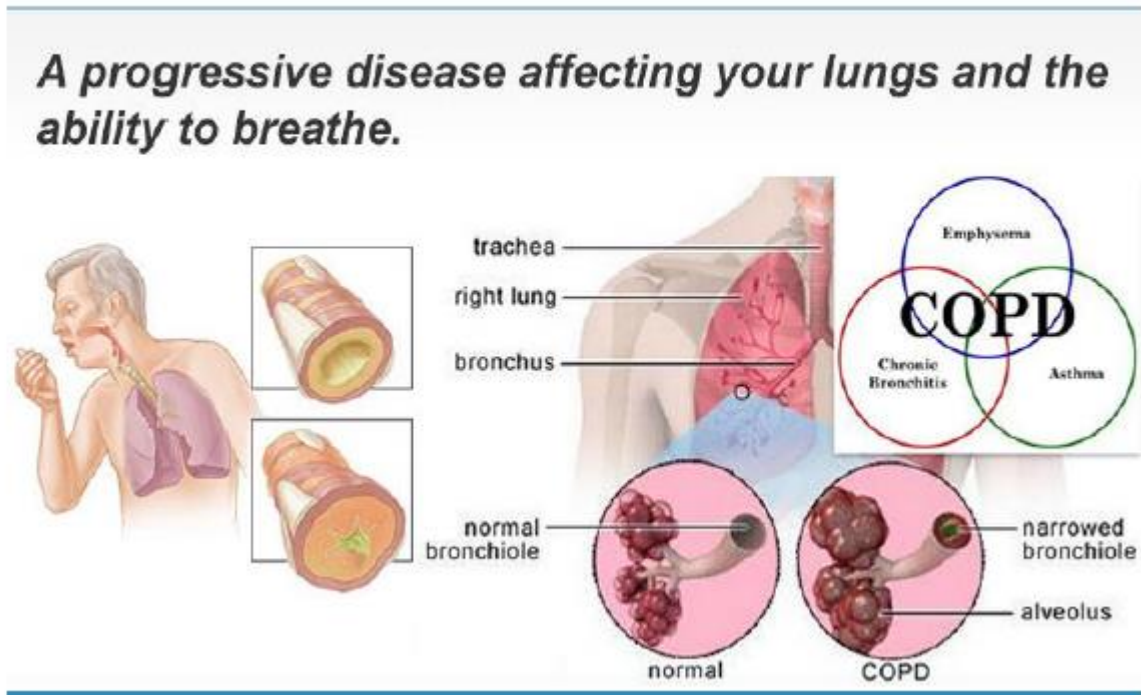
La EPOC es un término general que incluye una serie de afecciones pulmonares a largo plazo, como enfisema, bronquitis crónica y asma crónica.

Tiene un largo período de latencia, lo que significa que puede llevar hasta 25 años manifestar el significado típico al final de la carrera de un trabajador.

### Síntomas:

- sentirse sin aliento
- una tos nueva o persistente
- el cuerpo produce mucha flema

Las sibilancias y la opresión en el pecho también son un síntoma común.



## Silicosis

### ¿Qué es el polvo de sílice?

El polvo de sílice se genera en el lugar de trabajo mediante procesos mecánicos como triturar, cortar, perforar, esmerilar, aserrar o pulir piedra natural o productos que contienen sílice.

Algunas partículas de polvo pueden ser tan pequeñas que no son visibles; estos se conocen comúnmente como partículas respirables.

Las partículas de polvo de sílice respirables son lo suficientemente pequeñas como para penetrar profundamente en los pulmones y pueden causar daño pulmonar irreversible.



A picture of silicosis of the lung

Source: <https://www.usgs.gov/media/images/a-picture-silicosis-lung>

## ¿Cómo procesamos el polvo?

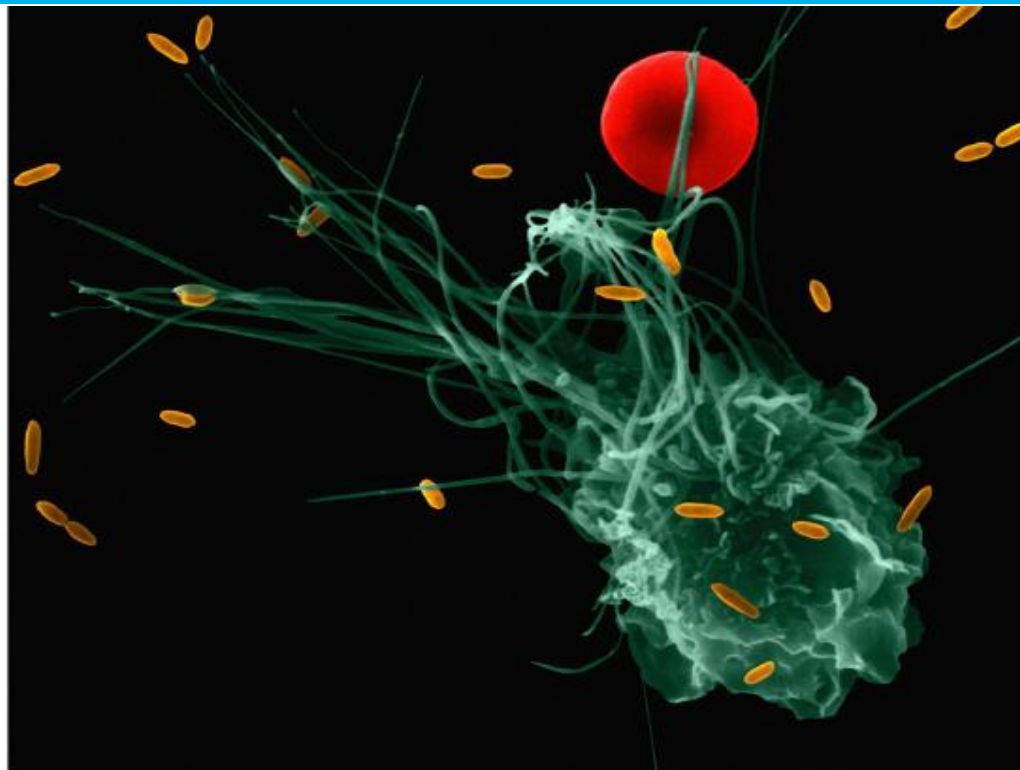
El cuerpo ha desarrollado mecanismos para combatir las partículas más pequeñas llamadas "macrófagos" que engullen y tratan de digerir estas partículas que han pasado por alto todas las redes de defensa.

Sustancias como la sílice causan daños irreversibles a los macrófagos.

Con el tiempo, los macrófagos transportan sílice a la pared del pulmón y esto provoca que el tejido cicatricial reduzca la función pulmonar y la capacidad de respirar.

Este daño puede continuar incluso después de que cese la exposición a la sílice.

## ¡Proteja sus pulmones!



Source: Canva / Macrophage phagocytosis of E.coli

¡Sí, el tamaño sí importa!

El polvo se clasifica por tamaño en dos categorías principales

Polvo inhalable:

- Polvo de más de 10 micrones (o 0,1 mm de diámetro)
- Entra en el cuerpo, pero queda atrapado en la nariz, la garganta y la parte superior de los tubos de las vías respiratorias
- Este polvo se tose, se estornuda y se escupe y no es un problema para la salud en sí mismo
- Se puede ver a simple vista

**(puede ser MUY irritante)**



## ¡Sí, el tamaño sí importa!

El polvo se clasifica por tamaño en dos categorías principales

### Polvo respirable:

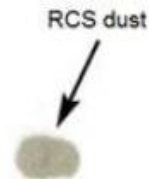
Las partículas de polvo lo suficientemente pequeñas de menos de 1 micrón - 10 micrones o (0,005 mm de diámetro), penetran más allá del tracto respiratorio superior y pueden viajar profundamente a los pulmones

Son estas partículas de polvo de tamaño respirable las que pueden causar la mayor parte del daño, especialmente el polvo de sílice cristalina.

¡La sobreexposición es un riesgo alto!

El estándar actual de exposición en el lugar de trabajo es de 0,1 mg / m<sup>3</sup> para la sílice respirable durante un promedio de tiempo ponderado de 8 horas.

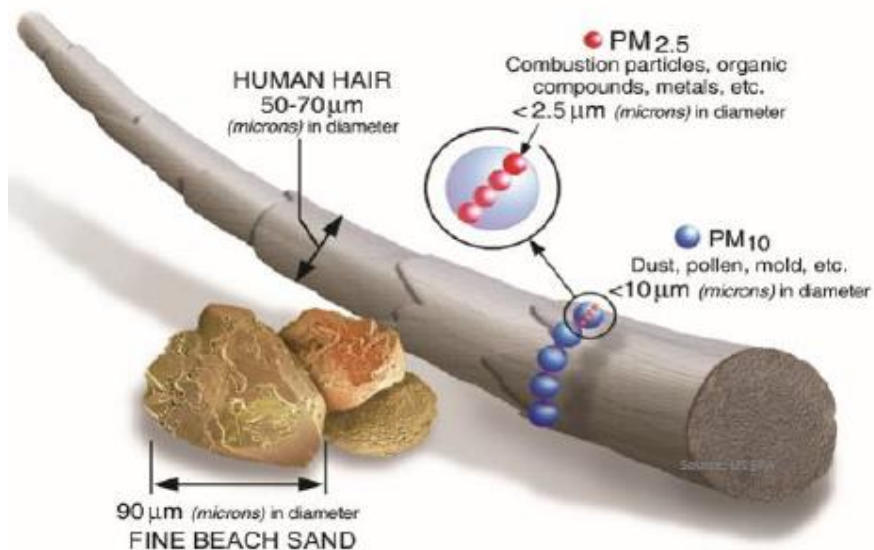
**\* El nuevo límite establecido por SafeWork para Australia es de 0,05 mg/m<sup>3</sup>.**



Source: worksafe.qld.gov.au

*"The WES for RCS will be exceeded if the dust you breathe in over a full shift contains more RCS than the amount shown here next to the five cent piece. Reference: HSE"*

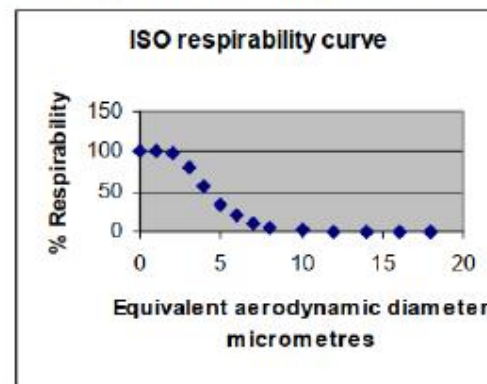
## Controles de polvo respirables



## ¿Por qué?

El polvo de sílice es la principal preocupación como agente tóxico para el cuerpo humano de varias maneras.

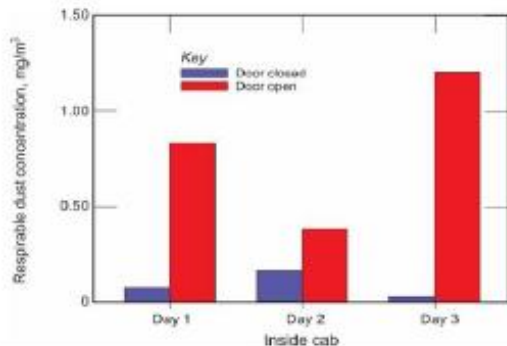
El polvo de sílice de menos de 10um de diámetro no se puede ver a simple vista. Esta fracción de polvo penetra en la región alveolar del pulmón y se denomina polvo respirable.



ISO penetration curve for respirability  
1um = micrometre. Humans hair = 50 - 70um

## Keep Doors Closed During Equipment Operation

- **0.81 mg/m<sup>3</sup>** when briefly opened to add drill steels
- **0.09 mg/m<sup>3</sup>** with door closed



## SSO

Capacitación para que los operadores mantengan cerradas las puertas y las ventanas de la cabina en todo momento.

NIOSH informa para el operador del equipo de perforación con la puerta abierta que si se aumenta polvo peligroso y cuando la puerta está cerrada (el resultado de tiempo para que la cabina regrese a la línea base es de 5 a 10 minutos).

## ¿Por qué HEPA?

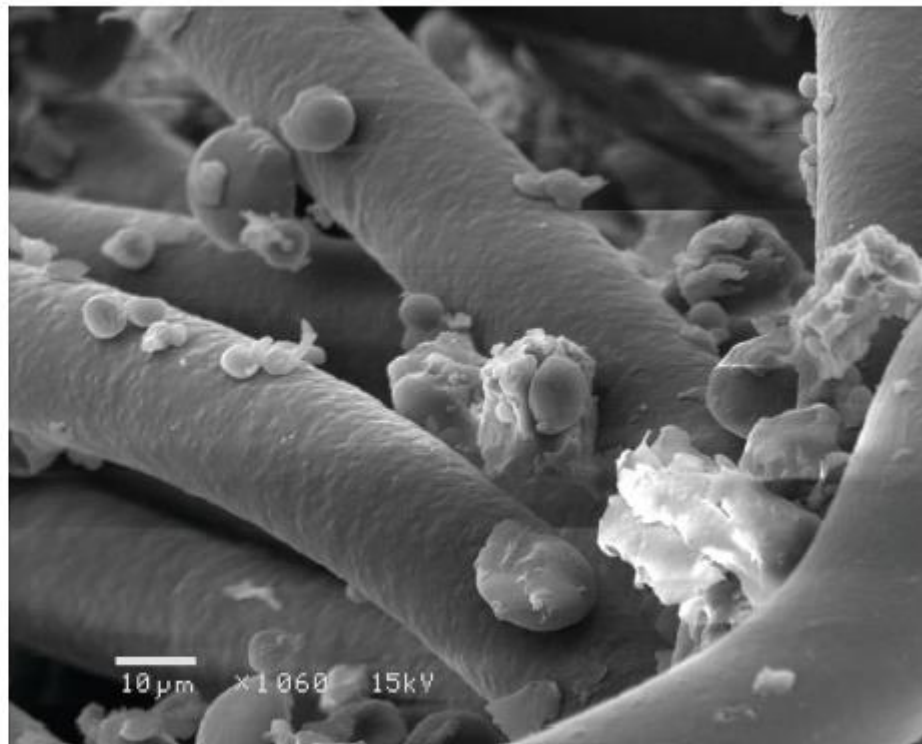
Los filtros HEPA capturan polvo respirable de hasta 0,3 micrones (MPPS) con una eficiencia del 99,99% (HEPA H14).

Efectivo para polvo de sílice, polvo de carbón, DPM, molde, COV, materiales fibrosos (asbesto), polvo molesto, polen, polvo de madera, polvo de grano y partículas en el aire específicamente en el rango respirable de 0.3 a 10 micrones de diámetro.

Punto de referencia ocupacional en el futuro:

¡La zona de respiración del operador debe estar libre de polvo!

Este es específicamente el requisito ocupacional (SSO) para el polvo de sílice [respirable].



Source: [oemoffhighway.com/operator-cab/article/its-what-you-cant-see-that-can-kill-you](http://oemoffhighway.com/operator-cab/article/its-what-you-cant-see-that-can-kill-you)

**ELIMINAR / SUSTITUIR EL RIESGO** Puede ser inevitable pero aisle / cambie el proceso o aleje al trabajador del peligro de exposición.

**CONTROLES DE INGENIERÍA / AISLAMIENTO DEL PELIGRO** Cabina cerrada y presurizada con filtros HEPA dobles con pantalla de presión para alertar al operador cuando los filtros están llenos.

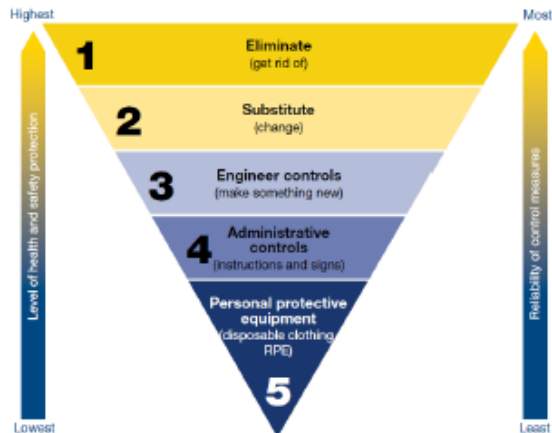
Se recomienda una sobrepresión de 20 a 50 pascales para extender los componentes de sellado de la cabina. (La presión más alta deforma los sellos).  
Revisión: inspecciones diarias o semanales debido al polvo (desgasta los controles rápidamente)

Opciones:

- \* Registro de datos: presión interna de la cabina (mantenimiento de registros).
- \* Registro de números de serie de filtros HEPA instalados y cuando se reemplaza (mantenimiento de registros)

**CONTROLES DE ADMINISTRACIÓN:** Capacitación, señalización, restricción del tiempo de exposición, rotación del trabajador lejos de la exposición a polvos respirables. El trabajador debe estar atento a las nubes de polvo potencialmente dañinas. Revise el mantenimiento: el polvo grueso desgasta los componentes rápidamente.

El último recurso es el equipo de protección del trabajador (EPI)



## ¿Qué pasa con cualquier guía de polvo respirable (PM4)?

La última guía de Safe Work Queensland:

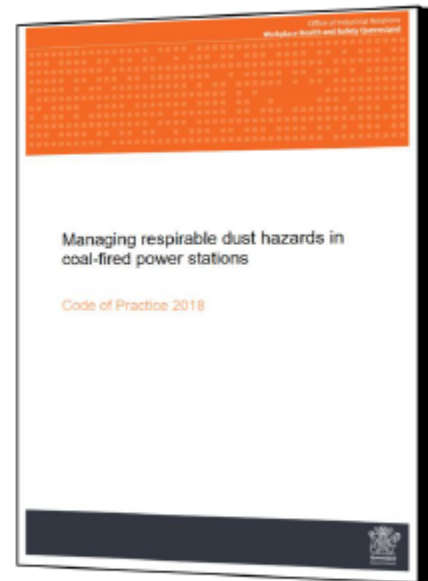
"Gestión de los peligros del polvo respirable en centrales eléctricas de carbón Código de prácticas 2018".

Esta es la guía más actualizada para plantas móviles:

*"Aislamiento, segregación o encierro de operaciones generadoras de polvo"*

*Aislamiento: Los controles de aislamiento pertinentes incluyen:*

- *cabinas cerradas con las ventanas cerradas en todo momento instalación de sistemas de filtrado de aire de alta eficiencia (por ejemplo, filtros HEPA) en la entrada y la entrada de aire de recirculación de la cabina de cargadores frontales, excavadoras y otra maquinaria*
- *mantener los vehículos de los trabajadores sellados y presurizados y el polvo no puede entrar.*



## The latest guidance from Dept. of Natural Resources, Mines and Energy (DNRME- Queensland):

### Diseño de cabina fija y móvil basado en RS20

**El sistema HVAC de la cabina convencional no es compatible con el manejo de polvo de mina respirable:**

- *Debe suministrar aire previamente limpiado y filtrado a la cabina que pasa a través de filtro de partículas de alta eficiencia de aire (HEPA) de clase mínima H13.*
- *La capacidad de presurizar la cabina a niveles suficientes para evitar la entrada de polvo. Algunos estudios muestran beneficios medioambientales significativos en la cabina cuando las presiones de la cabina superan los 20 Pascales (Pa) Algunos sistemas comerciales actualmente disponibles se ajustan constantemente para mantener una presión positiva de 35 Pascales.*
- *La capacidad de monitorear continuamente la presión de la cabina con un sistema que emite una alarma cuando la presión no es adecuado.*
- *La capacidad de eliminar el polvo que se ha traído a la cabina en botas y ropa o cuando las puertas están abiertas . Esto se logra mejor a través de un sistema de filtración de aire de retorno o se puede lograr mediante una sistema de aspiración sin bolsa montados que escapan desde el exterior de la cabina, con filtros HEPA clase H13 como mínimo.*
- *Asegure un buen sellado de la cabina para ayudar a presurizar el espacio de aire. Selección de materiales, estructural se deben considerar la rigidez, la selección del sello y la precisión del ajuste.*



How do we comply to RS20?

EN15695 -3 Qualifying cabin = Above 250 Pascals at full speed

Critical parts per EN15695-3 System (Qualifying cabin).

**Pre-cleaner**

Pressuriser H13 grade filter and above.



EN15695 >20 Pascals

**Cabin display**



\* Full variable pressuriser speed



**HEPA**

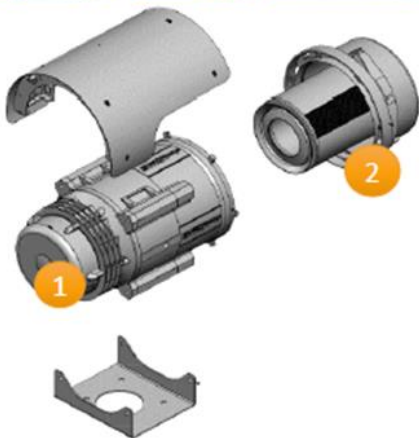
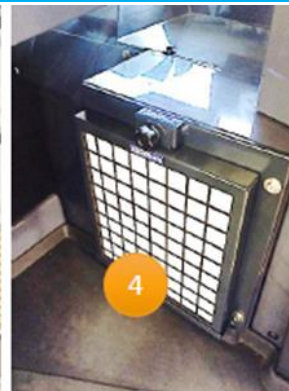
Return air filter

4



**(Sellado efectivo de la cabina y equipado con aire particulado de alta eficiencia)**

1. (Turbo) El prefiltro elimina hasta el 90% de las partículas gruesas del aire fresco.
2. El filtro HEPA H13/H14 primario elimina las partículas respirables de hasta 0.3 micrones probado según EN1822 con una eficiencia del 99.97%.
3. Pantalla de presión: alerta al operador cuando el sistema requiere mantenimiento y está equipado con un indicador de advertencia de baja presión.
4. Filtro de aire de retorno HEPA (filtro interno) Elimina los contaminantes transportados por el aire de los zapatos o la ropa.



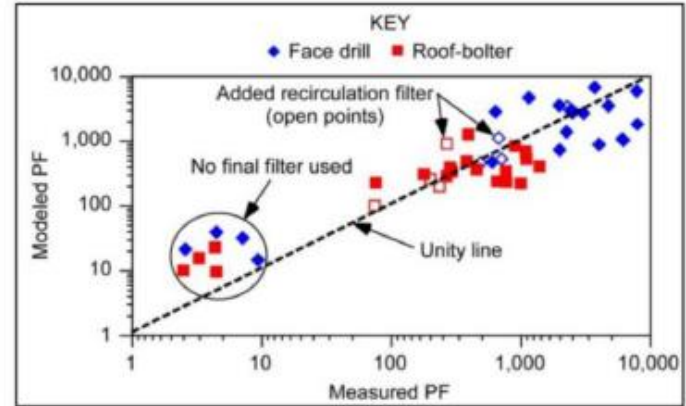
5. (Opcional) aspiradora HEPA de 24 V a bordo para controlar la exposición secundaria al polvo: polvo de cabina asentado.

## Discusión del factor de protección.

Adición de un filtro de aire de recirculación de alta eficiencia aumenta significativamente la protección factores. Este estudio realizado por NIOSH muestra que al agregar una alta eficiencia filtro de aire a la toma de aire de recirculación el factor de protección aumenta 100 veces.

El principal problema a considerar es que al no tener un aire de recirculación de alta eficiencia filtrar. El polvo mio se extraerá y se asentará en el sistema HVAC que conduce a secundaria exposición al operador y potencialmente desgastar el motor HVAC cepillado y contaminar la bobina HVAC (problemas de costos de mantenimiento).

¿Cuál es el costo potencial de no instalar un filtro de aire de retorno? Riesgo para el operador y la máquina.



APF for P2 and P3 mask = 10

### Protection factors

Table 3 shows examples of the protection factors of respirators for silica dusts.

Typical Protection Factor	Suitable respirator type for mechanically generated silica dusts	Typical group
Up to 10	Any of P1, P2 or P3 filters with half face piece, replaceable or disposable filter.	A
Up to 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>P2 filter in full face piece</li> <li>PAPR with - P2 filter, any head covering</li> <li>PAPR with P3, any head covering</li> <li>Half face piece respirator with positive pressure demand or continuous flow airline.</li> </ul>	B
Up to 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>P3 filter in full face piece</li> <li>Full face piece air hose type</li> </ul>	C
100+	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAPR with P3 filter, head covering and blouse</li> <li>Head covering airline respirator -continuous flow</li> <li>Full face piece - continuous flow or +ve pressure demand air supply.</li> </ul>	D

PAPR = Powered air purifying respirator

Arquitectura básica de un sistema SEAL EN15695 (cabina aplicable).



Arquitectura básica de un sistema SEAL EN15695 (cabina aplicable).



Presurizador de velocidad variable con prefiltro



Filtro HEPA primario



Pantalla de presión de cabina



Filtro de aire de retorno HEPA y estructura.

<p>Modelo Código Descripción</p>	<p>Programa &amp; Contenido Elaborado por el fabricante para uso interno de la empresa y no debe ser utilizado para ningún otro propósito sin el consentimiento escrito de la empresa.</p>	<p>TÍTULO: Cabin pressurizer System Manufacturer: Liebherr Model: T294 (Hsd Truck) Material: N/A, Iron - N/A Part No: TCMLE125KTL, See File Name: 00718-80M   Svc No: 06770-80M   Rev: 0</p>	<p>Drawn: B.D. Drawn Date: 20/12/2019 Height: N/A Kg</p>
<p>REV:      DESCRIPTION      DATE      APPD:</p>			

## Cabina limpia

## Exposición secundaria y limpieza de la cabina

- Los conductores abrían con frecuencia las puertas y ventanas de la cabina para facilitar la comunicación, lo que hacía que el sistema de filtración fuera ineficaz y aumentaba la exposición del conductor a los contaminantes externos.
- A menudo, el polvo entraba en la cabina del vehículo en las botas y la ropa de los trabajadores.
- Se observó que las fundas de los asientos de la cabina retienen el polvo.
- El polvo en el interior de la cabina puede transportarse por el aire debido al movimiento de los ocupantes de la cabina y la vibración del vehículo.
- Aunque los conductores limpiaban sus cabinas, esto era inconsistente y a menudo usaban métodos ineficaces como cepillar y pulir. La frecuencia de la limpieza varió de diaria a semanal.
- Las rejillas de ventilación dentro de las cabinas de los vehículos a veces estaban ubicadas cerca del piso para mantener calientes los pies de los conductores. Sin embargo, esto puede producir una fuente de exposición secundaria, ya que el polvo depositado en el piso se vuelve a dispersar y se transporta por el aire a alta velocidad que sale de las rejillas de ventilación.

Cabina limpia



Barro seco en el sello de la puerta



Saturación de polvo en el aire debido al barro seco

## Barro Seco

- Barro seco forma pequeñas partículas de polvo.
- El polvo es fácilmente agitable y se distribuirá en el aire.
- Con sólo cerrar la puerta de la cabina, podría causar altos niveles de partículas en suspensión.
- Las vibraciones de la cabina también ayudarán a activar la suspensión de partículas.
- Podría estar expuesto a altos niveles de sílice por sólo abrir y cerrar la puerta.

## Clean Cabin

- Una cabina limpia es un factor a considerar al explorar los controles de las cabinas de los vehículos.
- Limpiar el interior de la cabina con regularidad y, si es posible, a diario, puede reducir la exposición del conductor.
- El uso de aspiradoras para limpiar el interior de la cabina reducirá la probabilidad de exposición del conductor en comparación con el uso de métodos de cepillado en seco.

## Capacitación

- La falta de enfoque en la capacitación de los conductores de cabina socava la eficacia potencial de la filtración de aire en la cabina; Las organizaciones deberían proporcionar formación a los conductores de cabinas cerradas que cubra el uso de medidas de control y procedimientos de trabajo.



## SISTEMAS RESPIRATORIOS DEL OPERADOR


Información de la tarjeta de instrucciones:

La contaminación por partículas en el aire se clasifica como material particulado (PM):

- Partículas PM10 de menos de 10 micrones de diámetro
- PM2.5 Partículas de menos de 2.5 micrones de diámetro

Los sitios mineros pueden tener altos niveles de exposición a sustancias nocivas dentro de PM10 y PM2.5 como fibras, polvo de sílice, partículas orgánicas, plásticos, COV, partículas tóxicas de material particulado diésel y más.

Las partículas de tamaño inferior a 10 micrones (PM10) llegarán profundamente al tejido pulmonar ya que el cuerpo humano carece de mecanismos de defensa. (Difícil de expulsar al exhalar, toser o por mucosa nasal).




### HME OPERATOR CARD

**Isolation, Segregation of Operations Generating Hazardous Airborne Substances at Worksites**

**Relevant Isolation Control:**

- enclose cables with windows closed at all times.
- fitting high efficiency air filtering systems (ie: HEPA) to the intake and cabin recirculation air intake of wheel loaders, excavators and other machinery.
- keeping personnel vehicles dust sealed and pressurised.



Airborne particulate pollution is classified as particulate matter (PM):

PM10 Particles that are less than 10 micron.  
PM2.5 Particles that are less than 2.5 micron.


Industrial sites may have high exposure levels to harmful substances within PM10 and PM2.5 such as mineral fibres, silica dust, organic particulate, plastics, metals, toxic gas particles (Diesel Particulate Matter) and more depending on the worksite.


Particulate smaller than 10 microns (PM10) in size will reach deep into lung tissue as the human body lacks defence mechanisms. (Difficult to expel by exhaling, coughing or by mucus).


**Brothesafe system meets Euro Standard EN15605 Category 3 systems:**


- Stage 1. Pre-cleaner:** Removes up to 90% of coarse particles from fresh air.
- Stage 2. Pre-filter:** with High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter - removes respirable dust particles.
- Stage 3. Display control:** alerts operator when there is low pressure in the cabin.
- Stage 4. HEPA return air filter (internal filter):** removes any airborne contaminants from shoes or clothes.

This isolates the HVAC system and detaches HEPA filtration for the air exiting the HVAC vents.









## trabajador de mantenimiento

- \* Compruebe si el filtro principal está bloqueado con el modo de prueba de servicio
- Mantenga presionado el botón de flecha hacia abajo durante 10 segundos para forzar la velocidad máxima y mostrar la presión de la cabina con las ventanas y la puerta cerradas. Si la cabina no puede mantener la presión preestablecida, reemplace el filtro.  
(Para cancelar la prueba de presión: presione el botón de silencio durante 2 segundos)
- Si la luz de verificación permanece encendida o tiene baja presión, verifique si hay fugas de presión (sellos de puertas / ventanas o paneles dañados o faltantes dentro de la cabina)  
Cambie los filtros a intervalos de 500 horas o cuando la luz de verificación permanezca encendida = Los filtros están llenos.  
Tenga en cuenta: **LOS FILTROS HEPA NO SE PUEDEN LIMPIAR**

### Preguntas frecuentes:

¿La unidad necesita algún ajuste?

R: No, cada unidad se calibra durante la instalación y no requiere ajustes adicionales.

¿Es necesario reiniciar cuando la batería principal está descargada?

R: No, la unidad tiene un condensador incorporado para guardar todos los datos y la presión preestablecida.

INPRESS
seal

**CABIN SEALING TEST PROCEDURE** INPRESS CONTROLLER SERVICE TEST MODE

- 1- Start Engine
- 2- Ensure all windows & doors are CLOSED Correctly
- 3-Hold down button on INPRESS controller down for 10 seconds  
\*This will force the blower motor onto MAX speed & still display the cabin Pressure.
- 4- Turn A/C Blower on to Speed 1, 2, 3 & 4 Note pressure each time

\*\* To exit Service Test Mode press the Mute button for 2 seconds

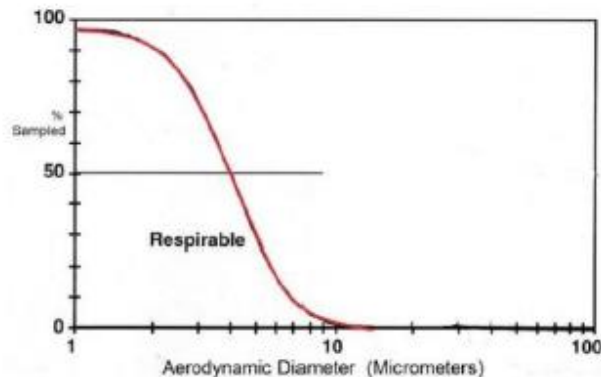
<b>PROHIBITION &amp; CONFIDENTIAL</b>		<b>TOLERANCES</b>		<b>REV</b>	
The information contained in this drawing is the sole property of Inpress Safe LLC. Any reproduction in part or as a whole is prohibited without written permission from Inpress Safe LLC.		TOLERANCES DIMENSIONS: ±0.1mm ANGLES: ±0.5° SURFACE: ±0.05mm HOLE: ±0.05mm		No. Description Date Author Checked Drawn	

## Auditorías?

### NANOZEN Overview

El DustCount combina las ventajas del monitoreo de polvo en tiempo real con la capacidad de realizar el método estándar, todo en un paquete compacto y liviano.

El DustCount también proporciona distribución de partículas en cada muestra.



El DustCount inspecciona cada partícula que pasa a través del impactador y determina su tamaño e incrementa el recuento de uno de los 128 contenedores de tamaño, 20 de estos tamaños (entre 0.5um a 10um) se informan en los registros por simplicidad.

AUDITORÍA DE CABINA DE PALA HIDRÁULICA.  
MONITOREO DE PARTÍCULAS EN TIEMPO REAL.  
MEDICIÓN DE PM4 CON VENTILACIÓN CABINA  
VENTILACIÓN AIRE ACONDICIONADO = 0.000UG/M<sup>3</sup>.



09:28:00  
MC: 20/02/14  
AvMC: 0.000ug/m<sup>3</sup>  
Bat: 0.777ug/m<sup>3</sup>  
93%



**TEST EN CARGADOR FRONTAL.  
(CABINA VACÍA)  
ZONA DE RESPIRACIÓN OPERADOR = 0,000 UG/M<sup>3</sup>**





Para respirar  
Naturalmente